



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

DAYANNE CHRYSTINE CAVALCANTE DE OLIVEIRA BARBOSA

**QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES LOCALIZADOS NO
MUNICÍPIO DE MONTEIRO - PB**

**SUMÉ - PB
2018**

DAYANNE CHRYSTINE CAVALCANTE DE OLIVEIRA BARBOSA

**QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES LOCALIZADOS NO
MUNICÍPIO DE MONTEIRO - PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

Orientadora: Professora Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro.

SUMÉ - PB

2018

B238q Barbosa, Dayanne Chrystine Cavalcante de Oliveira.
 Qualidade da água de poços tubulares localizados no Município
de Monteiro PB. / Dayanne Chrystine Cavalcante de Oliveira
Barbosa. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

46 f. : il. Collor.

Orientadora: Professora Dr^a Ilza Maria do Nascimento Brasileiro.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro
de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de engenharia
de Biosistemas.

1. Qualidade da água de poços. 2. Poços tubulares. 3. Água
subterrânea – Monteiro - PB. 4. Análise físico-química – água. Análise
microbiológica - água I. Título.

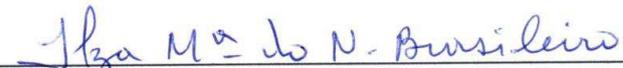
CDU: 556.18(043.1)

DAYANNE CHRYSTINE CAVALCANTE DE OLIVEIRA BARBOSA

**QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES LOCALIZADOS NO
MUNICÍPIO DE MONTEIRO - PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

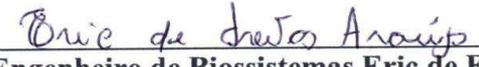
BANCA EXAMINADORA:



Professora Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro.
Orientadora – UATEG/CDSA/UFCG



Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.
Examinador I – UATEC/CDSA/UFCG



Engenheiro de Biosistemas Eric de Freitas Araújo.
Examinador II

Trabalho aprovado em: 08 de agosto de 2018

SUMÉ – PB

Dedico este trabalho ao meu filho Isaque, aos meus pais, meus irmãos, ao meu esposo e toda a minha família pelo apoio e incentivo e por acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela sua infinita misericórdia, que me deu forças para que prosseguisse essa longa jornada. Eu não seria nada sem a mão de Deus em minha vida.

Ao meu amor maior Isaque, aos meus queridos pais pelo amor, cuidado e incentivo. Aos meus irmãos Sarah e Davi que sonharam junto comigo essa conclusão de curso, aos meus avós, tios, tias e os demais familiares a quem deve todo carinho e respeito.

Ao meu esposo, pela compreensão e apoio incondicional, sempre estive ao meu lado, superando junto comigo cada obstáculo.

Ao CDSA que me acolheu todos esses anos, que passou a ser a minha segunda casa.

Aos professores meu reconhecimento e gratidão pela paciência e ensinamentos que levarei para o resto da vida.

Aos meus colegas de graduação que batalharam junto comigo, que compartilhamos momentos tristes e alegres, mas que serviram de lição, carrego comigo um carinho especial por cada um. Agradeço aos que já se formaram, mas que de alguma maneira contribuiu para este trabalho. Aos meninos do laboratório do CDSA pela disponibilidade e atenção.

A minha orientadora Ilza Maria Nascimento pela disponibilidade em aceitar o convite desse trabalho de conclusão de curso.

A banca examinadora pelas correções.

RESUMO

O consumo de águas proveniente de fontes alternativas, principalmente por meio de poços tubulares, tem sido uma prática crescente, especialmente na região semiárida do Nordeste do Brasil, devido à escassez de água de boa qualidade nos mananciais superficiais. Este trabalho objetiva avaliar a qualidade da água subterrânea de cinco poços tubulares, localizados na área urbana do município de Monteiro-PB, utilizada pela população para uso doméstico. Avaliou-se poços da periferia até o centro da cidade. As coletas da água foram realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2017 e em março de 2018. Utilizou-se como suporte análises laboratoriais de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que caracterizam a qualidade do recurso. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões de potabilidade emitidos pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde e revelaram que as amostras de água, não estavam, em sua maior parte, em conformidade com os níveis de potabilidade dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos necessários para que a água seja considerada potável e possa ser consumida pela população. Tais resultados revelaram ainda a necessidade de um efetivo saneamento básico, que contemple desde uma eficiente rede de esgoto até uma completa coleta de lixo, como forma de reduzir a poluição e prevenir doenças que podem ser ocasionadas pela má qualidade da água.

Palavras-chave: Análises físico-químicas, Análises microbiológicas, Água Subterrânea, Semiárido.

ABSTRACT

Consumption of water from alternative sources, mainly through tubular wells, has been an increasing practice, especially in the semi-arid region of Northeast Brazil, due to the scarcity of good quality water in the surface water sources and the periods of drought and scarcity element. This work aims to evaluate the groundwater quality of five tubular wells, located in the urban area of Monteiro-PB, used by the population for domestic use. Wells were evaluated from the extreme places of the city, ranging from the periphery to the center of the city. The water samples were collected in November and December 2017 and in March 2018. Laboratory, physical, chemical and microbiological parameters characterizing the quality of the resource were used as support. The results obtained were compared to the potability standards issued by Ordinance No. 2914 of 2011 of the Ministry of Health and revealed that the water samples were not, in most cases, in accordance with the potability levels of the physico-chemical parameters and necessary for water to be considered potable and can be consumed by the population. These results also revealed the need for effective basic sanitation, ranging from an efficient sewage network to a complete collection of waste, as a way to reduce pollution and prevent diseases that may be caused by poor water quality

Keywords: Physicochemical analyzes, Microbiological analyzes, Groundwater, Semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de Monteiro no Estado da Paraíba	29
Figura 2 - Pontos de Coleta	30
Figura 3 - Poço localizado no bairro Centro	31
Figura 4 - Poço localizado no bairro Feliz Retiro	31
Figura 5 - Poço localizado no bairro Alto do São Vicente.....	32
Figura 6 - Poço localizado no bairro do Brás	32
Figura 7 - Poço localizado no bairro Alto do Cemitério	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Doenças relacionadas com a água	26
Tabela 2 - Valores de Condutividade elétrica obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB	37
Tabela 3 - Valores do pH obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.....	38
Tabela 4 - Valores da Dureza de Magnésio obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.	39
Tabela 5 - Valores da Dureza de Cálcio obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.	39
Tabela 6 - Valores da Dureza Total obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.	39
Tabela 7 - Valores da Alcalinidade Total obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.	40
Tabela 8 - Valores do Cloreto obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.	41
Tabela 9 - Valores das análises dos parâmetros coliformes totais e termotolerantes das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE	Condutividade Elétrica
pH	Potencial Hidrogeniônico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
E. coli	Escherichia coli
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Nº	Número
OMS	Organização Mundial da Saúde
p.	Página
PB	Paraíba
S.I.	Sistema Internacional de Unidades
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
VMP	Valor máximo permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 A ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA	15
2.1.1 Disponibilidade de água na natureza	15
2.1.1.1 Disponibilidade de água na Região Semiárida	16
2.1.2 Qualidade da água	17
2.2 CARACTERÍSTICAS PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	18
2.2.1 Características Físicas	18
2.2.2 Características Químicas	21
2.2.3 Características Biológicas	24
2.3 DOENÇAS RELACIONADAS COM A ÁGUA	25
2.4 LESGILAÇÕES VIGENTES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA	27
2.5 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO HÍDRICA ATRAVÉS DE POÇOS TUBULARES	27
3 METODOLOGIA	29
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.2 PONTOS DE COLETA	30
3.3 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE AMOSTRAS	33
3.4 MÉTODOS DE ANÁLISES DA ÁGUA	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 DADOS ANALÍTICOS	36
4.1.1 Análises físico-químicas	36
4.1.2 Análises microbiológicas	42
5 CONCLUSÃO	44
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos necessários para que se exista vida humana. Por ocupar cerca de três quartos da superfície do planeta Terra, sua extensão lhe concedeu o apelido de “Planeta Água”. Reconhecida cientificamente como o ambiente em que surgiu a vida, a água é um dos componentes celulares que tem por função manter as células do corpo humano vivas, sendo, portanto fundamental para sobrevivência humana. Sua importância se dimensiona desde os aspectos ambientais até as questões de punho social e econômico da sociedade.

No que tange ao consumo humano, a água pode ser obtida de diversas fontes, entre elas o manancial subterrâneo, utilizado por grande parte da população e que pode ser explorado através de aquíferos confinados com uso de poços tubulares e por meio de aquíferos livres ou não confinados com uso de poços amazonas. De acordo com Paludo (2010), as águas subterrâneas constituem um recurso natural imprescindível para a vida dos ecossistemas e representa mais de 95% das reservas de água doce do globo e mais da metade da população mundial depende destas águas.

Na região Nordeste, especificamente na área semiárida, conhecida por seus períodos de estiagem e escassez de água, a disponibilidade desse elemento vem sendo uma questão essencial no que diz respeito ao abastecimento populacional e desenvolvimento econômico. Para tanto a população busca por fontes alternativas, que garantam demandas de água, principalmente em períodos de seca, o que ocasiona a intensa perfuração de poços tubulares na região.

É válido ressaltar que, o homem necessita de água com qualidade adequada para proteção de sua saúde e para o desenvolvimento econômico. Contudo, um dos principais problemas com relação às fontes aquáticas diz respeito a sua crescente contaminação, o que torna muitas vezes inviável o consumo da água em sua forma natural. Costa *et al* (2012), ressalta que a água subterrânea tem potencial capacidade de transmissão de doenças causadas principalmente por microrganismos patogênicos ou por meio de substâncias químicas em concentrações fora dos padrões permitidos. Com isto, torna-se crucial a manutenção de seu padrão, para os seus múltiplos usos e finalidades. Bastos (2013), explica que:

A técnica de construção de poços é um dos métodos mais antigos de captação de água para o consumo. No passado, essa prática era imprescindível como forma de abastecimento; e a qualidade da água, seguramente, não estava tão comprometida como agora. Atualmente, é necessário fazer várias considerações ao se adotar esse procedimento, pois são muitos os processos de contaminação das águas subterrâneas, nas áreas urbanas (BASTOS, p.8, 2013).

A qualidade da água é um aspecto que pode ser avaliado por meio das análises de suas características físicas, químicas e biológicas. A água é considerada potável, ou seja, própria para o consumo humano e isenta de riscos, quando seus parâmetros microbiológicos, físicos e químicos atendem o padrão de potabilidade da Portaria Nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

Existe, com base nas análises citadas acima, a preocupação em investigar as características da água e averiguar com isto a sua potabilidade para o abastecimento e consumo. O presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade físico-química e microbiológica das águas de cinco poços tubulares, utilizadas para uso doméstico em alguns bairros localizados no município de Monteiro-PB.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade da água de cinco poços tubulares localizados em diferentes bairros do município de Monteiro-PB.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Coletar amostras de água necessárias para análises;
- Averiguar a qualidade da água por meio de análises físico-químicas e microbiológicas;
- Comparar os resultados obtidos a partir das análises físico-químicas e microbiológicas com os padrões de potabilidade emitidos pelo Ministério da Saúde;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA

De acordo com Libânio (2010) a água é um recurso natural que ocupa aproximadamente 75% da superfície da terra e é o constituinte mais abundante na matéria viva, integrando dois terços do corpo humano, aproximadamente e atingido cerca de 98 % do corpo de alguns animais.

Além de todo índice de ocupação, a água é considerada solvente universal, isto por possuir um grande poder de dissolução, sendo capaz de dissolver quase todas as substâncias presentes na terra. Leme (2014), ressalta que a água é um recurso renovável finito, fundamental e essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos e é por esta razão intensamente utilizada pelos mesmos. O autor relata que:

A água, além de ser excelente solvente daí a denominação de solvente universal, é usada pelo homem para: abastecimento público, uso industrial, irrigação, dessedentação de animais, conservação da fauna e flora, recreação, estética, pesca, geração de energia, transporte e diluição e depuração de despejo. (LEME, 2014, p. 17).

Fica evidente que, a água além de suas diversas aplicabilidades possui uma importância imensa para o mundo de uma forma generalizada. Souza *et al.* (2014), ressalta que, a importância da água não se dá apenas por conta de suas funções a natureza, se dá também devido ao papel que exerce na saúde, na economia e na qualidade da vida humana. Relevância esta, que se estende até aos aspectos culturais, no que tange a construção e crescimento das civilizações.

2.1.1 Disponibilidade de água na natureza

Conforme Libânio (2010 *apud* Sperling, 2006) estima-se que entre $1,36 \times 10^9$ a $1,46 \times 10^3$ Km³ do volume de água do planeta, aproximadamente correspondem aos mares, oceanos e lagos de água salgada.

Segundo dados de Brasil (2014), a Terra tem 1,5 bilhão de quilômetros cúbicos de água, que cobrem três quartos de sua superfície de 510 milhões de quilômetros quadrados. No entanto apenas uma pequena parte, 9 mil quilômetros cúbicos, está disponível para consumo, irrigação agrícola e uso industrial. O Ministério de Saúde do Brasil explica que:

A água é um dos recursos naturais que no passado recente se imaginava praticamente ilimitados. Como resultado das melhorias dos padrões de vida em todo o mundo, o consumo de água vem aumentando rapidamente. Atualmente, é 50% maior que na década de 1950. O crescimento da demanda vem sendo atendido com a construção de barragens e desvios de rios, mas essas alternativas estão bem próximas do esgotamento (BRASIL, 2014, p. 30).

Segundo com Miranda (2007) a necessidade de água bem como a disponibilidade se diversifica de acordo com a cultura, a geografia, o tipo de comunidade, a estação do ano e com a região em questão. As disponibilidades de água doce na natureza são limitadas pelo alto custo da sua obtenção nas formas menos convencionais, como é o caso da água do mar e das águas subterrâneas. Deve ser, portanto, da maior prioridade, a preservação, o controle e a utilização racional das águas doces superficiais.

Vale salientar, de acordo com Libânio (2010), que a parcela mais significativa de água doce disponível nas calotas polares, está praticamente inaproveitável para fins de abastecimento da população terrestre, ou seja, está indevida para o consumo humano.

2.1.1.1 Disponibilidade de água na Região Semiárida

O trecho da região Nordeste do Brasil onde o clima tropical semiárido se faz presente possui características marcantes que o distingue dos diversos ecossistemas brasileiros. Esta área se estende por aproximadamente 900.000 km² e tem como principais elementos caracterizadores os períodos de estiagem extensos e a vegetação Caatinga (GURGEL, 2012).

Os meses de estiagem representam os períodos de seca, vulgarmente conhecido pelos nordestinos. Significa uma fase de escassez de água, associada muitas vezes a uma longa duração, com consequências negativas tanto para os ecossistemas quanto para as atividades socioeconômicas.

A insuficiência e irregularidade na distribuição de chuvas, com médias anuais entre 268 e 800 mm, a temperatura elevada e a forte taxa de evaporação são características que se refletem no modelamento da paisagem predominante. A hidrologia e a vegetação são totalmente dependentes do ritmo climático. O longo período seco, com alta evaporação, leva a uma desperenização generalizada dos rios, riachos e córregos endógenos. Trata-se, portanto, de um conjunto de fatores hidrológicos e ecológicos relacionados ao clima semiárido regional, muito quente e sazonalmente seco, que projeta derivadas radicais para o mundo das águas, o mundo orgânico das caatingas e o mundo socioeconômico dos viventes dos sertões. (Ab'Sáber, 2003, p. 85).

Contudo o semiárido do Nordeste brasileiro que foi considerado, por muito tempo, como a área problema mais extensa e menos explorada da região nordestina, isto por conta do seu clima com má distribuição das chuvas, tem evoluído diante da grande potencialidade da região,

seja nos vales dos rios perenes (São Francisco, Rio Grande, Gurgéia, Parnaíba, entre outros), seja nas bacias de irrigação dos açudes ou pelas serras e vales úmidos (OLIVEIRA, 2015). Essa potencialidade pode ser exemplificada com a transposição do São Francisco recentemente concluída e que beneficiou inúmeros municípios da região semiárida do Nordeste.

2.1.2 Qualidade da água

A água por ser um ótimo solvente, nunca será encontrada em um estado de absoluta pureza. A mesma pode conter alguns miligramas de impureza por litro na água da chuva e até mesmo mais de 30 miligramas de impurezas por litro na água do mar (RICHTER & NETTO, 2011).

De acordo com Souza *et al.* (2014), mesmo com toda importância que os recursos hídricos exercem para o desenvolvimento regional, a qualidade e a quantidade das águas dos rios vêm sendo cada vez mais afetadas pela ocupação desordenada da bacia hidrográfica e como isto pela poluição. O crescimento demográfico e o desenvolvimento social e econômico vêm aumentando a demanda por água e provocando como consequência alterações de ordem física, química e biológica nos ecossistemas aquáticos.

A natureza e a composição do solo, sobre o qual a água escoar, determinam as impurezas adicionadas que a água apresenta, o que pode ser agravado ainda mais por conta do aumento e expansão demográfica atrelada a atividades econômicas provenientes da agricultura, das indústrias e de outras fontes, o que faz com que não se considere segura nenhuma fonte de água superficial, o que torna necessário e obrigatório alguma forma de tratamento (RICHTER & NETTO, 2011).

Dentre tais formas de tratamento, vale salientar a necessidade de um saneamento básico bem elaborado e eficaz em todos os municípios brasileiros. Além de ser uma prática necessária frente à qualidade das águas, o saneamento é um serviço exigido por lei e que deve de fato ser assegurado.

Souza (2002), diz que, a qualidade da água é definida de acordo com a análise de sua composição química, física e bacteriológica, realizada em laboratório. As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização e a sua qualidade irá depender do uso para o qual a mesma se destina.

O autor ressalta que:

Para o consumo humano, há necessidade de uma água cristalina e saudável, livre de cor, gosto, odor, de qualquer substância que possa produzir efeito fisiológico prejudicial à saúde do homem, o que denominada de água potável” (SOUZA, 2002, p. 6).

A qualidade da água varia com o tempo, exigindo para o seu controle a realização de análises em diferentes épocas do ano, o que deve ser feito repetidas vezes para que o efeito da variação dos resultados possa ser reduzido (RICHTER & NETO, 2011).

2.2 CARACTERÍSTICAS PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

São determinados diversos parâmetros que podem ser utilizados para caracterização de uma água, e como indicadores de sua qualidade. Tais parâmetros se constituem ou se classificam como não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso (BRASIL, 2014).

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência da ampla capacidade de dissolução da água e da gama de substâncias e de transportes pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010). Para tanto, tais características são utilizadas como parâmetros para avaliação da qualidade de água.

2.2.1 Características Físicas

A percepção do homem nas alterações da qualidade da água se dá basicamente através de seus sentidos, percepção esta que pode ser obtida através das características físicas da água, pois se espera que essa seja transparente, sem cor e sem cheiro. Na verdade, na natureza a água usualmente possui cor, cheiro e até mesmo gosto. (SCHIAVO, 2007). As principais características físicas que a água apresenta são: temperatura, cor, turbidez, sabor e odor e a condutividade elétrica.

- **Temperatura**

A temperatura da água é uma característica que indica a magnitude cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transparência de calor a massa líquida (LIBÂNIO, 2010). A mesma expressa a energia cinética das moléculas de um corpo,

onde seu gradiente representa o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais, como por exemplo, a luz solar, ou antropogênicas, por meio de despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas (BRASIL, 2014).

Schiavo (2007) elenca a importância da análise da temperatura e explica que a mesma é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água como a densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido e tem reflexos sobre a vida aquática, podendo ainda interferir nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas e no crescimento microbológico, pois cada microrganismo possui uma faixa ideal de temperatura de crescimento.

- **Cor**

A cor da água é uma característica produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, denominadas coloides que são finamente dispersas e origem orgânica. A cor pode ainda ser resultado da presença de compostos de ferro e manganês ou do lançamento de diversos resíduos industriais. Quando a mesma se manifesta em águas subterrâneas, por via de regra é o resultado da presença dos compostos acima citados (LIBÂNIO, 2010).

Schiavo (2007) explica que:

Cor é o resultado principalmente dos processos de decomposição que ocorrem no meio ambiente. Por esse motivo, as águas superficiais estão mais sujeitas a ter cor do que as águas subterrâneas. Além disso, pode-se ter cor devido à presença de alguns íons metálicos como ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos (SCHIAVO, 2007, p.39).

A determinação da intensidade da cor da água é feita através de uma comparação de uma amostra com um padrão de cobalto-platina, sendo o resultado fornecido em unidades de cor, também chamadas uH (unidade Hazen). As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 unidades de Hazen. Para efeito de caracterização de águas para abastecimento, distingue-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a cinco unidades. (BRASIL, 2014).

- **Turbidez**

A turbidez é uma característica que pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT) (BRASIL, 2014).

De acordo com Schiavo (2007),

A turbidez é a alteração da penetração da luz pela presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, plancton, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas. O aumento da turbidez reduz a zona eufótica, que é onde penetra a luz e ocorre a fotossíntese (SCHIAVO, 2007, p.38).

Para fins de potabilidade, a turbidez de uma água filtrada consolida-se em todo o planeta como um dos principais parâmetros de avaliação do desempenho das estações de tratamento, transcendendo o aspecto estético a ela associado (LIBÂNIO, 2010). A turbidez, além de reduzir a penetração da luz solar, prejudica a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas e pode recobrir os ovos dos peixes e os invertebrados bênticos e prejudica ainda a ação dos agentes desinfetantes, pois acaba protegendo certos microrganismos da ação destes agentes (SCHIAVO 2007).

- **Sabor e Odor**

A conceituação de sabor envolve uma interação de gosto que pode ser, por exemplo, salgado, doce, azedo ou amargo como o odor, sendo assim imensuráveis. Portanto usa-se a expressão conjunta: sabor e odor. Sua origem está associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns micro-organismos, como as algas (BRASIL, 2014).

A importância do sabor e odor se justifica por conta da possibilidade da rejeição da população abastecida, portanto torna-se crucial que a água esteja insípida e inodora, ou seja, que não produza sensação de odor ou de sabor nos sentidos humanos.

- **Condutividade Elétrica (CE)**

De acordo com Libânio (2010), a condutividade elétrica é uma característica que indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo por consequência, diretamente proporcional a concentração iônica.

De maneira mais clara, pode-se dizer que este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Vale salientar que quanto maior for à quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água (SCHIAVO 2007).

De acordo com Pinto (2007), a condutividade está ligada a outros parâmetros, como por exemplo, a temperatura e a salinidade. Mediante a isso, os dados de condutividade elétrica

devem ser manipulados de acordo com a temperatura utilizada. Para propósitos comparativos de dados de condutividade elétrica, deve ser definida uma das temperaturas de referência (20 °C ou 25 °C).

2.2.2 Características Químicas

As características químicas são determinadas por meio de análises, seguindo métodos adequados e padronizados. As análises químicas da água determinam de modo mais preciso e explícito as características da água, e são, portanto mais vantajosas, do ponto de vista sanitário e econômico para se apreciar as propriedades de uma amostra (RICHTER & NETO, 2011). As principais características químicas da água são: o potencial hidrogeniônico, a alcalinidade, a acidez, a dureza, o oxigênio dissolvido e a salinidade.

- **Potencial Hidrogeniônico**

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na concentração de H^+ nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Essa característica representa o parâmetro de maior frequência de monitoramento na rotina operacional das estações de tratamento de água pela interferência em diversos processos e operações inerentes a potabilização, da aplicação dos coagulantes ao processo de desinfecção química (LIBÂNIO, 2010).

Schiavo (2007), explica que:

O pH representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- ; varia de 0 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações. A vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9” (SCHIAVO, 2007, p.44).

- **Alcalinidade**

De acordo com Libânio (2010) a alcalinidade da água representa a capacidade de neutralizar ácidos, ou seja, a capacidade de minimizar variações do pH, adquirindo assim, em meio a potabilização das águas, uma função primordial no que tange ao êxito do processo de coagulação. A mesma é causada por sais alcalinos e geralmente é encontrada nas águas na forma de carbonato ou bicarbonato (SCHIAVO, 2007).

De modo mais claro, a alcalinidade indica a quantidade de íons presentes na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Através desta característica é possível realizar uma medição da capacidade da água no que tange a neutralizar os ácidos, servindo, assim, para expressar a capacidade de tamponamento da água, isto é, sua condição de resistir a mudanças do pH (BRASIL, 2014).

- **Acidez**

De acordo com Schiavo (2007), a acidez representa o teor de CO₂ livre, ácidos minerais e sais de ácidos fortes, os quais por dissociação resultam em íons hidrogênio em solução. O CO₂ é um componente natural das águas que provoca a formação de acidez carbônica. A acidez mineral resulta da presença de resíduos industriais, materiais orgânicos sintéticos e pela hidrólise de sais minerais de metais.

A acidez é uma característica que possibilita a medição da capacidade que a água possui em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases, o que decorre da presença de gás carbônico livre na água. Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo desaconselhadas para abastecimento doméstico (BRASIL, 2014).

- **Dureza**

Segundo Libânio (2010), a dureza indica a concentração de cátions multivalente em solução de água, principalmente de magnésio e cálcio e se manifesta pela resistência à reação de saponificação. A elevada concentração dessa característica representa uma série de malefícios para a qualidade e consumo da água.

Conforme Schiavo (2007), a dureza causa sabor desagradável e efeitos laxativos, reduz a formação da espuma do sabão, o que implica no aumento do seu consumo e pode provocar incrustações nas tubulações e caldeiras.

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à ação dos sabões e provoca incrustações. É denominada de temporária porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam (FUNASA, 2013).

De acordo com Costa & Fonsêca (2016), a dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO₃) e pode ser classificada em:

- mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO₃;
- dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO₃;
- dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO₃;
- muito dura: >300 mg/L de CaCO₃.

- **Oxigênio Dissolvido (OD)**

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é uma das características químicas, reconhecidamente como a mais importante no que diz respeito a expressar a qualidade de um ambiente aquático. Refere-se ao OD como o percentual da concentração de saturação, que é diretamente proporcional a pressão atmosférica (LIBÂNIO, 2010).

Brasil (2010) explica que:

Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg/L a 5 mg/L, exigência de cada organismo. A concentração de oxigênio disponível mínima necessária para sobrevivência das espécies piscícolas é de 4 mg/L para a maioria dos peixes e de 5 mg/L para trutas. Em condições de anaerobiose (ausência de oxigênio dissolvido) os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida (isto é, não oxidada), a qual é geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando, portanto, as substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem no ambiente (BRASIL, 2010, p 25).

O autor explica ainda que, à medida em que cresce a concentração de oxigênio dissolvido os compostos químicos vão se precipitando, ficando armazenados no fundo dos corpos d'água.

- **Salinidade**

A salinidade da água esta ligada à presença de sais minerais dissolvidos formados pela presença de ânions, como o cloreto e o sulfato, e de cátions, como o magnésio e o sódio. A determinação da concentração de cada sal representa a magnitude de salinidade (LIBÂNIO, 2010).

A salinidade, de acordo com Santos (2017), refere-se a quantidade total de sais minerais dissolvidos na água. O parâmetro tem grande importância na caracterização das massas das águas e determina outras propriedades físico-químicas.

Por meio da medida da condutividade elétrica (CE) pode-se estimar a salinidade da água. De forma prática a salinidade é definida como razão entre a massa total de sal dissolvido e a

massa total da substancia que serve como solvente, sendo assim um valor adimensional expresso em psu, unidade de salinidade (SANTOS, 2017).

2.2.3 Características biológicas

De acordo com Libânio (2010 *apud* Daniel *et al.*, 2001), as características biológicas das águas fazem referência a diversos microrganismos que habitam o ambiente aquático. Sua relevância se dá por conta da possibilidade de transmitir doenças e na transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos como nitrogênio. Na primeira premissa, diversas enfermidades são passíveis de serem transmitidas por ingestão ou contato com água contaminada.

O controle da qualidade de água para o consumo humano pode ser feito através do emprego de organismos indicadores, como por exemplo, as bactérias coliformes, algas e cianobactérias, protozoários e vírus entéricos. No que tange a análise realizada por meio de bactérias coliformes o Ministério da Saúde explica que:

As bactérias do grupo coliforme habitam normalmente o intestino de homens e de animais, servindo portanto como indicadoras da contaminação de uma amostra de água por fezes. Como a maior parte das doenças associadas com a água é transmitida por via fecal, isto é, os organismos patogênicos, ao serem eliminados pelas fezes, atingem o ambiente aquático, podendo vir a contaminar as pessoas que se abastecem de forma inadequada dessa água, conclui-se que as bactérias coliformes podem ser usadas como indicadoras dessa contaminação. Quanto maior a população de coliformes em uma amostra de água, maior é a chance de que haja contaminação por organismos patogênicos (BRASIL, p. 54, 2006).

As algas e as cianobactérias se fazem presentes em lagos, reservatórios de acumulação e cursos d'água, respondendo por meio da fotossíntese por parcela significativa da concentração de oxigênio dissolvido do meio aquático (LIBÂNIO, 2010). Em ambientes eutrofizados, isto é, ricos em nitrogênio e fósforo provenientes de esgotos domésticos, industriais e atividades agrícolas, as cianobactérias quase sempre constituem o grupo fitoplanctônico dominante. Nessas condições podem causar florações que constituem problemas de saúde pública e provocam desequilíbrios ambientais significativos (BRASIL, 2014).

Os gêneros de protozoários associados a doenças de transmissão hídrica incluem giardia, cryptosporidium, toxoplasma, cyclospora, entamoeba, isospora belli, naegleria fowleri e acanthamoeba, capazes de produzir cistos ou oocistos resistentes às condições do ambiente. À exceção dos dois últimos gêneros de vida livre, os demais se fazem presentes nas fezes dos indivíduos infectados (LIBÂNIO, 2010).

Libânio (2010), explica ainda a presença de vírus entéricos nas águas. Ele relata que diversas espécies de vírus se desenvolvem no trato intestinal (daí a denominação entéricos) dos animais homeotermos, estes também designados animais de sangue quente, e pelas fezes atingem os corpos d'água superficiais e subterrâneos. Esta denominação genérica abarca os vírus da hepatite A e E, enterovírus, adenovírus, rotavírus, entre outros.

2.3 DOENÇAS RELACIONADAS COM A ÁGUA

As doenças de veiculação hídrica, causadas por bactérias, vírus, protozoários, helmintos e outros micro-organismos patogênicos são os problemas de saúde públicas mais comuns dos países em desenvolvimento. Essas doenças transmitem-se principalmente por meio de excretas de origem humana ou animal, por sua introdução nas fontes de água, tornando-a imprópria para o consumo humano. Tal transmissão pode ocorrer de forma direta ou indireta, seja na ingestão direta da água, no preparo dos alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na indústria e até mesmo no lazer (BRASIL, 2014).

As principais doenças transmitidas pela água de acordo com o Ministério da Saúde, bem como as formas de transmissão e de prevenção serão apresentados no Quadro 1, a seguir.

Tabela 1 - Doenças relacionadas com a água

Grupos de doenças	Principais doenças	Formas de transmissão	Formas de prevenção
Transmitidas pela via oro-fecal (bacterianas e não bacterianas)	Bacterianas: Cólera Disenteria bacilar Febre paratifoide Febre tifoide Leptospirose Não bacterianas: Amebíase Ascaridíase Hepatite infecciosa Poliomielite Giardíase Diarreias por vírus	Ingestão do agente patogênico por meio de alimentos contaminados, água contaminada por fezes e contaminação de indivíduo para indivíduo.	Proteger os mananciais (fonte de abastecimento); Tratar as águas de abastecimento evitando o uso de fontes contaminadas; Fornecer água em quantidade e qualidade; Promover ações de educação em saúde (higiene pessoal, doméstica e dos alimentos); Promover melhorias da habitação e instalações sanitárias
Associadas ao fornecimento de água insuficiente	Infecções de pele Tracoma Tifo Escabiose	Água em quantidade insuficiente e hábitos higiênicos inadequados favorecem a disseminação desses agravos	Fornecer água em quantidade suficiente; Promover ações de educação em saúde.
Associadas a hospedeiros intermediários, cujo habitat é a água.	Esquistossomose	Penetração do agente patogênico na pele	Proteção de mananciais; Combate ao hospedeiro intermediário; Disposição adequada de esgotos; Evitar o contato das pessoas com águas contaminadas.
Transmitidas por vetores relacionados com a água	Malária Febre amarela Dengue Filariose	Penetração do Agente Infeccioso no organismo pela picada de insetos, cujo ciclo evolutivo está relacionado com a água.	Combate aos vetores; Eliminar condições que possam favorecer criadouros; Utilizar medidas de proteção individual.

Fonte: Adaptado de Brasil (2014 *apud* OPAS, 1987)

2.4 LEGISLAÇÕES VIGENTES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

A avaliação e o controle da qualidade das águas estão associados a basicamente duas legislações vigentes na Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, e na Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

De acordo com o Ministério da Saúde a Portaria MS no 518/2004 contém normas que definem o padrão ideal de potabilidade da água para que esta possa ser destinada ao consumo humano e apresenta definições relevantes aos procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água. Cabendo ao Ministério da Saúde, em articulação com as autoridades sanitárias competentes dos estados, Distrito Federal e municípios, a adoção das medidas necessárias ao fiel cumprimento da legislação citada acima (BRASIL, 2006).

De acordo com a portaria citada acima, o padrão de potabilidade divide-se basicamente em três grupos, o que inclui as características físicas, organolépticas e químicas, o que engloba as características bacteriológicas e o das características radioativas.

O Ministério da Saúde explica que:

Na Portaria MS no 518/2004, o padrão de potabilidade foi dividido da seguinte maneira: padrão microbiológico (incluindo padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção); padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde (substâncias inorgânicas e orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade; e, padrão de aceitação para consumo humano.

As resoluções 357/05 e 430/11 CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais necessárias para seu enquadramento e estabelece ainda as condições e padrões necessários para o lançamento de efluentes.

2.5 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO HÍDRICA ATRAVÉS DE POÇOS TUBULARES

De acordo com Silva & Araújo (2003) a água para consumo humano pode ser obtida de diferentes fontes, entre elas o manancial subterrâneo, que é um recurso utilizado por ampla parcela da população brasileira. A água subterrânea pode ser captada no aquífero confinado ou ser captada no aquífero não confinado ou livre.

A água subterrânea nada mais é do que água infiltrada no subsolo, presente nos espaços intergranulares dos solos ou nas fraturas das rochas (CAPUCCI *ET AL.*, 2001). Quando as águas fluem de forma natural do solo em um aquífero confinado, preenchido de águas, cujo teto e piso

são fragmentos impermeáveis até chegar ao nível superior, caracteriza-se a existência de um poço artesiano (FAGUNDES & ANDRADE, 2015).

Poço artesiano é um poço com diâmetro pequeno, grande profundidade e um detalhe importante: a água jorra do solo naturalmente, porque sua própria pressão basta para leva-la até a superfície. Quando essa pressão não é suficiente temos de usar uma bomba (PALUDO, p. 21, 2010).

No caso do semiárido, predomina-se o cristalino, “a água subterrânea ocorre em sistemas interconectados de fendas, fraturas e descontinuidades da rocha, formando reservatórios descontínuos e com extensão limitada”, denominado “aquífero fissural” (FEITOSA e DINIZ, 2011).

Diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea e com isso a água proveniente de poços tubulares. Grande parte das substâncias que contribuem para a poluição dessas águas são oriundas das indústrias, agricultura e atividades humanas. Rejeitos e resíduos industriais, postos de gasolina, aterros sanitários, cemitérios, lixões químicos, galinheiro, tóxicos injetados no subsolo, uso de fertilizantes e pesticidas, fossas sépticas, drenagens urbanas e poluição do ar e de águas superficiais são exemplos dessas fontes de poluição das águas subterrâneas (FAGUNDES & ANDRADE, 2015).

De acordo com Bastos (2013) no Brasil, a utilização de águas subterrâneas é feita de forma descontrolada e improvisada e gera com isto problemas como interferências entre poços, redução de fluxo de base dos rios, impactos de áreas encharcadas e redução das descargas de fontes e nascentes. Além disto, os poços que ficam inativos podem ser um meio de veiculação de poluição subterrânea. Observa-se ainda, que em muitos casos, a água pode estar sendo usada para fins potáveis sem avaliação dos riscos inerentes ao seu uso.

No Nordeste do Brasil, mas especificamente na região semiárida, a perfuração de poços tubulares é uma prática cada vez crescente. Por ter com mais frequência longos períodos de estiagem, as populações optam pela perfuração de poços como forma de captar a água e garantir com isto o abastecimento de suas necessidades. É comum, encontrar em vários municípios desta região a presença de poços construídos em bairros distintos, disponíveis para uso da comunidade. A problemática no que tange a perfuração de poços tubulares, incluso na região semiárida, diz respeito à potabilidade das águas. Em bairros onde não há um saneamento básico devido ou até mesmo em lugares em que não há saneamento de nenhuma forma, existe o grande risco destas águas estarem poluídas e totalmente indevidas para o consumo humano.

3 METODOLOGIA

Em meio à exploração realizada para o presente trabalho, a água de cinco poços tubulares localizados na cidade de Monteiro – PB foi utilizada como objeto de estudo. As características físicas, químicas e biológicas foram as variáveis selecionadas para realização da análise físico-química e microbiológica utilizada como método de averiguar a qualidade da água em questão utilizada para consumo populacional da área de estudo.

Pode-se dizer que as análises da água foram realizadas justamente com o objetivo de determinar a qualidade com o qual a mesma é disponibilizada para população.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Monteiro - PB, que está localizado na Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. Estando á 319 quilômetros de João Pessoa, capital da Paraíba, a cidade limita-se ao Oeste com o município de Sertânia, Iguaraci e Tuparetama (PE); ao Leste, com Camalaú e Sumé (PB); ao Norte com o município de Prata (PB) e ao Sul, com São Sebastião do Umbuzeiro e Zabelê (PB).

Figura 1 - Localização do Município de Monteiro no Estado da Paraíba



Fonte: Araújo, 2017.

O município de Monteiro se estende com uma área de 986,4 km², com uma densidade demográfica de 31,3 habitantes por km². De acordo com o ultimo censo realizado sua população

estima-se em cerca de 33.039 habitantes (IBGE, 2016). Sua bacia hidrográfica é formada por um rio temporário, o Paraíba, e quatro açudes: Pocinhos, com capacidade para armazenar 5.900.00m³ de água; Poções, 29.106.000m³; São José, 3.000.000m³; e Serrote, 3.000.000m³.

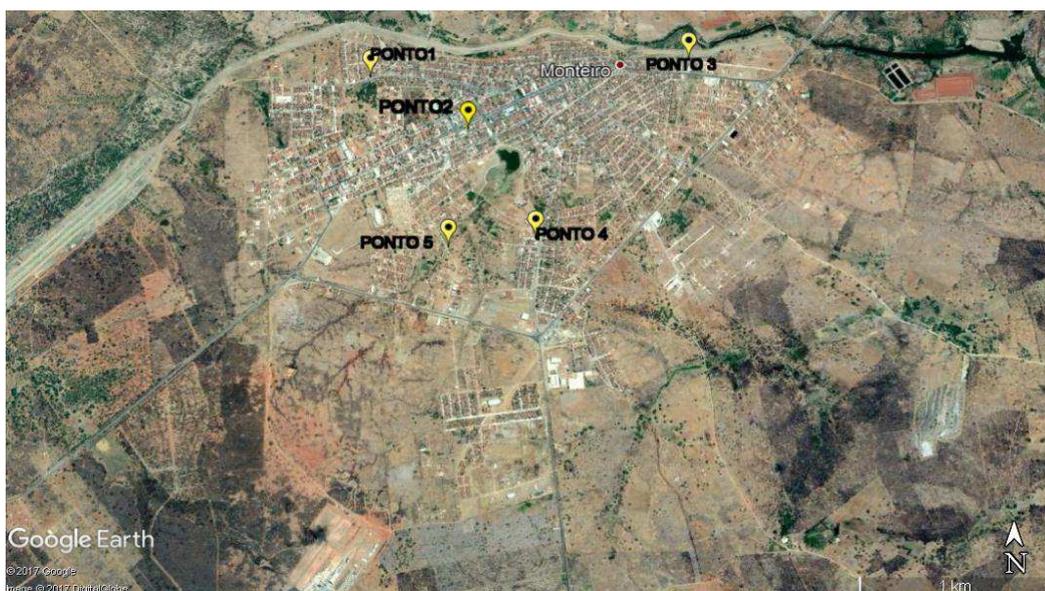
De acordo com a CAGEPA (2018), Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, responsável pelo abastecimento de água e coleta de esgoto da cidade em estudo, Monteiro possui cerca de 70% do seu município é provido de saneamento básico.

3.2 PONTOS DE COLETA

Foram utilizados cinco pontos de coleta para realização do estudo. Cada ponto representa um poço tubular presente na cidade, localizados em diferentes bairros do município. A escolha dos poços, se justifica por eles se localizarem em pontos extremos da cidade, e por estarem em bairros de situações econômicas e sanitárias distintas.

Foi realizado um georreferenciamento, que tem por objetivo tornar as coordenadas de um mapa conhecidas num dado sistema de referência. Tudo se inicia com a obtenção das coordenadas pertencentes ao sistema no qual se pretende georreferenciar. As coordenadas foram obtidas por meio de um GPS da marca Etrex 10 Garmin. E o mapa, como mostra a figura 2, a seguir, foi feito por meio do Google Earth.

Figura 2 - Pontos de Coleta



Fonte: Autoria Própria

O ponto 1 representa o poço localizado no bairro Feliz Retiro, ilustrado na Figura 3. O ponto 2 representa o poço localizado no bairro Centro, mas especificamente na região do parque das águas, ilustrado na Figura 4. O ponto 3 representa o poço localizado no bairro do Brás, na área conhecida como Rua do Limão, ilustrado na Figura 5. O ponto 4 representa o poço localizado no bairro Alto São Vicente, ilustrado na Figura 6. O ponto 5 representa o poço localizado no bairro Alto do Cemitério, ilustrado na Figura 7.

Figura 4 - Poço localizado no bairro Feliz Retiro



Fonte: Autoria Própria

Figura 3 - Poço localizado no bairro Centro



Fonte: Autoria Própria

Figura 6 - Poço localizado no bairro Alto do São Vicente



Fonte: Aatoria Própria

Figura 5 - Poço localizado no bairro do Brás



Fonte: Aatoria Própria

Figura 7 - Poço localizado no bairro Alto do Cemitério



Fonte: Aatoria Própria

Os bairros do Feliz Retiro, do Alto de São Vicente e do Centro (região do parque das águas) dispõem de coleta de lixo e rede de esgoto, ou seja, saneamento básico. Já o bairro do Alto do Cemitério não possui rede de esgoto, porém é realizada coleta de lixo na maior parte de suas ruas. No bairro do Brás, mas especificamente nas localizações próximas ao poço, há uma rede de esgoto e tem coleta de lixo até certa parte de suas ruas.

3.3 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE AMOSTRAS

A coleta se dividiu basicamente em duas etapas. Ambas foram realizadas para que tanto as análises físico – químicas quanto as análises microbiológicas fossem realizadas. A primeira coleta da primeira etapa, foi realizada em novembro de 2017, e a segunda no mês de dezembro de 2017, períodos de estiagem da região. A segunda etapa, foi realizada no mês de março de 2018, durante o período de chuvas na região.

- Datas da 1º etapa
 - 1ª coleta: 16/11/2017
 - 2ª coleta: 11/12/2017
- Data da 2º etapa
 - 3ª coleta: 09/03/2018

Foram coletadas duas amostras de água de cada poço na primeira etapa e uma amostra na segunda etapa. Tais coletas foram feitas por meio de garrafa pet de 500 ml devidamente esterilizados com o auxílio de luvas, algodão, álcool 70% e um coller refrigerado, utilizado para armazenamento das amostras.

A água foi retirada por meio da torneira acoplada de cada poço. O algodão e o álcool 70% foram utilizados para limpar a área interna e externa na torneira. Posterior a esta limpeza, a torneira foi aberta para que a água escoasse por volta de 2 a 3 minutos, com o intuito de limpar a tubulação. Em seguida, as garrafas foram lavadas com o uso desta mesma água e utilizadas para coleta da quantidade de água necessária. Tais garrafas foram armazenadas em um *coller* e levadas para os locais de análise.

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISES DA ÁGUA

As análises físicas e químicas ou simplesmente físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água localizado no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido - Sumé. Já as análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água pertencente a prefeitura da cidade de Monteiro – PB. Os métodos utilizados para análise físico-química serão apresentados a seguir.

- **Determinação da Condutividade Elétrica (CE)**

Para determinação da Condutividade Elétrica foi utilizado um Condutivímetro da marca MS TECNOPON, calibrado devidamente de acordo com o manual de sua marca.

- **Determinação do pH**

O pH foi determinado através de leituras realizadas com um pHmetro de marca BEL ENGINEERING W3B pH METER, antes calibrado à uma temperatura de 25°C, com o uso de tampões de pH 4, 7 e 10.

- **Determinação da Alcalinidade**

A alcalinização foi determinada por meio da titulação de neutralização ácido/base, expressa em termos de mg/L de CaCO_3 , com o auxílio de um indicador. O procedimento utilizado iniciou-se com uma retirada de 100 mL da amostra colocada em um frasco de erlemeyer de 250 mL. Em seguida foram adicionadas duas gotas de metilorange e uma quantidade necessária de titular com ácido sulfúrico 0,02 N, até o aparecimento da cor laranja avermelhada, característica da viragem do indicador.

- **Determinação dos Cloretos**

A determinação dos cloretos foi realizada através do método de Mohr, também conhecido como titulação de Morh, que consiste em um processo de detecção do ponto de final numa volumetria de precipitação. Neste método os cloretos são titulados com uma solução de nitrato de prata 0,05N, precipitando o cloreto de prata, sendo o ponto final determinado pela presença de cromato de potássio a 5%, que reage com o excesso de prata.

Os procedimentos foram iniciados com a retirada de 25 mL da amostra, acoplada em um erlemeyer de 250 mL. Em seguida adicionou-se 1 mL de cromato de potássio, utilizado como indicador. Posterior foi titulado com uma solução de nitrato de prata 0,05 N, até o aparecimento da cor amarelo tijolo.

- **Determinação da Dureza**

A dureza foi determinada através do método de complexação, técnica de análise volumétrica que visa à formação de um complexo de coloração, na reação entre o analito e o titulante, o que irá indicar o ponto final da titulação um indicador. O processo realizado consistiu na titulação da dureza com uma solução padrão de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA 0,025N). Este composto forma íons complexos muito estáveis com o cálcio, com o magnésio, e com os demais Íons que formam a dureza. Através do uso de um indicador apropriado, pode-se revelar quando todos os Íons causadores da dureza foram complexados.

Os procedimentos se iniciaram com a retirada de 25 mL da amostra, colocada em um erlemeyer de 250mL. Foi adicionado 3,0 mL de solução tampão pH 10 e uma pequena quantidade de indicador negro de eriocromo e o titular com o EDTA 0,025 N, em quantidade necessária até a mudança de coloração para a cor azul.

As análises microbiológicas foram realizadas através da determinação dos coliformes totais e termotolerantes, apresentados a seguir.

- **Determinação dos Coliformes**

A determinação dos coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*) se deu durante uma única etapa, através de análises realizadas por meio da utilização do substrato Cromogênico Colitag, que permite a análise microbiológica de coliformes, onde há o desenvolvimento da cor amarela para a presença dos mesmos e o aparecimento da cor fluorescência *Escherichia coli*. Desta forma, a positividade do teste para detecção de coliformes totais pode ser comprovada pelo aparecimento da cor amarelo após uma incubação realizada em uma estufa a 36°C por 24 horas. A positividade para *Escherichia coli* pode ser constatada através da cor fluorescente apresentada quando a amostra foi exposta a luz ultravioleta (230 volts, 50hz, 17 AMPS).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A potabilidade da água pode ser analisada por meio de diversos parâmetros, que representam de forma distinta as características físicas, químicas e biológicas da substância em questão. Para tanto existem normas descritas pela Portaria N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que estabelecem limites de parâmetros necessários para que a água seja considerada potável. Os resultados descritos na presente pesquisa foram elaborados com base nas comparações dos resultados obtidos por meio das análises das amostras de água coletadas com as normas estabelecidas pela portaria acima citada.

Dentro das análises físico-químicas foram avaliados os níveis da condutividade elétrica (CE), pH, cloretos, dureza total e alcalinidade. Com relação às análises microbiológicas foram analisadas a presença de coliformes totais e coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*). Vale ressaltar que, os parâmetros analisados são preliminares, e que necessita de uma investigação mais profunda para determinar com propriedade se a água coletada representa riscos à saúde.

4.1 DADOS ANALÍTICOS

4.1.1 Análises físico-químicas

- **Condutividade elétrica (CE)**

Embora não exista, mediante a Portaria N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, valor adequado de condutividade elétrica para a potabilidade da água estima-se que valores menores que 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ implicam em uma água possivelmente potável, por apresentarem de acordo com este limite baixas concentrações de sais dissolvidos. É importante entender que, quanto maior a presença de íons, maior será a CE e por mais que isto não determine especificamente quais os íons que estão presentes em uma amostra de água, poderá ajudar a reconhecer os impactos ambientais causados pelo despejo de matérias poluentes.

A Tabela 2 a seguir, mostra os valores de condutividade elétrica, obtidos em meio às análises. Em cada um dos cinco poços analisados foram realizadas três coletas em períodos distintos. Pode-se observar que no geral os valores ficaram entre a faixa de 1361 a 202000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C.

Tabela 2 - Valores de condutividade elétrica obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro – PB

POÇOS	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)		
	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	1934	2150	1361
PARQUE DAS ÁGUAS	2570	2670	2500
ALTO DO SÃO VICENTE	4670	3190	3190
ALTO DO CEMITÉRIO	202000	140700	1469
RUA DO LIMÃO - BRÀS	2720	3010	2760

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

Como mostra a tabela 2 todos os valores de CE encontrados estão acima dos limites de tolerância e indicam a presença de água imprópria para consumo, o que pode estar atrelado a uma má gestão de saneamento básico nas regiões. As amostras da 1° e 2° coleta do poço do alto do cemitério apresentaram valores extremos, o que pode estar ligado ao fato de que nas localidades próximas ao poço não existe rede de esgotos.

- **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

Conforme a Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, a faixa de pH presente na água, recomendada para que a mesma seja consumida fica entre 6,0 e 9,5. Este parâmetro traduz a condição ácida ou alcalina de uma amostra de água, e não causa riscos sanitários no relacionados com a sua medida.

O pH da água pode ser influenciado por diversos fatores, capazes de reduzir o seu nível, entre eles, a ausência de substâncias salinas provenientes das rochas, que neutralizam a água; a contaminação por restos de animais, entre outros. Além disto, este parâmetro pode ser sofrer alteração dependendo do tipo de reservatório e do tempo de armazenamento, fato este, que interfere na reatividade do cloro e diminui o aumento do pH. Os valores de pH obtidos em meio as análises das três coletas de água dos cinco poços em estudo ficaram entre uma faixa 7,31 a 7,95, como mostra a Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Valores do pH obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.

POÇOS	Valores do pH (24°C)		
	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	7,31	7,48	7,95
PAQUE DAS ÁGUAS	7,47	7,61	7,48
ALTO DO SÃO VICENTE	7,68	7,75	7,53
ALTO DO CEMITÉRIO	7,34	7,15	7,25
RUA DO LIMÃO - BRÀS	7,65	7,48	7,75

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores que atendem os padrões de pH estabelecidos pela Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, o que implica dizer que com relação ao pH, ou seja, no que tange á sua condição ácida as águas dos cinco poços em estudo não representam riscos a saúde. Vale ressaltar que todas as amostras ficaram na casa dos sete, nível este de pH que tem pouco significado para a engenharia sanitária e representa basicamente uma igualdade entre as concentrações de íons de hidrogênio e hidroxila.

- **Dureza Total**

A dureza da água é causada predominantemente pela presença de sais de cálcio e magnésio. A Portaria N°. 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permitido para a dureza total da água é de 500,0 mg CaCO₃.L-1, para que a mesma seja considerado potável, ou seja, a quantidade de sais de cálcio e magnésio, quando somados, não podem ultrapassar o valor citado acima. A Tabela 4, a seguir, mostra os valores da dureza de magnésio presentes na água e a Tabela 5, revela os valores da dureza de cálcio, também levantados.

Tabela 4 - Valores da dureza de magnésio obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.

POÇOS	Dureza de Magnésio (mg/L)		
	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	475	323	266
PAQUE DAS ÁGUAS	570	396	400
ALTO DO SÃO VICENTE	500	388	438
ALTO DO CEMITÉRIO	260	388	438
RUA DO LIMÃO - BRÀS	500	428	388

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

Tabela 5 - Valores da dureza de cálcio obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.

POÇOS	Dureza de Cálcio (mg/L)		
	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	125	303	180
PAQUE DAS ÁGUAS	160	305	320
ALTO DO SÃO VICENTE	120	388	389
ALTO DO CEMITÉRIO	20	32,3	103
RUA DO LIMÃO - BRÀS	110	154	218

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

Os resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5 refletem as características do solo da região do Cariri Paraibano, ou seja, a concentração de magnésio é muito maior que a de cálcio. A tabela 6, a seguir, revela os valores da dureza total, calculados posterior o levantamento dos valores de cálcio e magnésio, isoladamente, ou seja, a soma da dureza de calcio e magnésio.

Tabela 6 - Valores da Dureza Total obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.

POÇOS	Dureza Total (mg/L)		
	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	600	626	446
PAQUE DAS ÁGUAS	730	701	720
ALTO DO SÃO VICENTE	620	776	827
ALTO DO CEMITÉRIO	280	420,3	541
RUA DO LIMÃO - BRÀS	610	582	606

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

Como mostra a tabela acima apenas três amostras ficaram abaixo de 500,0 mg CaCO₃.L⁻¹. A terceira coleta do poço do bairro Feliz Retiro, a primeira e a segunda coleta do poço do bairro do Alto do Cemitério foram as únicas que apresentaram um nível permitido no que tange ao nível de dureza total para a potabilidade da água. Contudo, todas, exceto a primeira coleta do poço do bairro do Alto do Cemitério, ficaram acima de 300 mg/L CaCO₃ e são classificadas assim, como águas muito dura. Essa característica implica em sabor desagradável e inconvenientes para uso doméstico, como o aumento do uso de detergente, a deposição de calcário nas canalizações, máquinas de lavar roupa e louça, ferros a vapor e por vezes nas torneiras e chuveiros.

- **Alcalinidade**

A alcalinidade das águas não representa risco potencial à saúde pública. A alcalinidade não é um parâmetro com significado sanitário, visto que seu efeito é limitado pelo valor de pH. Este parâmetro, em níveis elevados, pode apenas provocar alteração no paladar, ou seja, um sabor desagradável e com isto a rejeição da água. Conforme Pereira (2010), a alcalinidade total em águas naturais apresenta valores entre 30 e 500 mg/L de CaCO₃. A Tabela 7, a seguir mostra os valores de alcalinidade obtidos mediante as análises.

Tabela 7 - Valores da Alcalinidade Total obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.

POÇOS	Alcalinidade Total (mg/L)		
	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	820	456	395
PAQUE DAS ÁGUAS	966	437	433
ALTO DO SÃO VICENTE	2150	499	520
ALTO DO CEMITÉRIO	160	42	458
RUA DO LIMÃO - BRÁS	1342	742	744

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

Como se pode notar, os valores de alcalinidade ficaram entre uma faixa de 42 a 2150 mg/L de CaCO₃. Pode-se dizer que, grande parte das amostras atendeu o parâmetro exigido para águas de consumo humano. Em contrapartida as amostras da primeira coleta, exceto a proveniente do poço do bairro Alto Cemitério, apresentaram valores elevados de alcalinidade. Toda a água coletada do poço localizado na Rua do Limão – Brás apresentou também valores

elevados, deste parâmetro, o que mostra que tais águas estavam impróprias para o consumo no que tange a qualidade sob o aspecto do sabor.

De acordo com Silva *et al* (2015), a alcalinidade é uma medida de capacidade da água capaz de neutralizar um ácido forte ao determinado pH. Nas águas naturais, a alcalinidade ocorre devida, principalmente, aos íons de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos.

De acordo com a ABRACAL (2017), solos com pH menor que 7 são ácidos, e maior que 7, alcalinos. O semiárido do Nordeste é a única região com alcalinidade. No Brasil, predominam solos ácidos, sendo comuns os “muito ácidos” – pH entre 4 e 5,5. Os solos da região semiárida são menos afetados pelos processos de formação do solo contribuindo com precipitação baixa, embora tenha temperatura elevada. O fato de não ter grandes contribuições da precipitação elevada ao longo do tempo, não proporciona lixiviação e percolação de cátions de caráter básico do complexo de troca, como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na), o que contribui para que o pH desses solos seja alcalino (MEDEIROS, 2013).

- **Cloreto**

De acordo com a Portaria N°2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde o valor máximo permitida para que uma água seja considerada potável é de 250 mg/L (BRASIL,2011). Com relação as águas subterrâneas, vale ressaltar que estas, podem apresentar um nível de cloretos consideravelmente alto, visto que as rochas e o solo apresentam um impedimento físico, que limita a perda deste parâmetro para outros meios. O nível de cloretos encontrado nas amostras ficou entre uma faixa de 0 a 1354 mg/L, como mostra a Tabela 8, a seguir.

Tabela 8 - Valores do Cloreto obtidos das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.

POÇOS	Cloreto (mg/L)		
	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	362	398	224
PAQUE DAS ÁGUAS	613	617	585
ALTO DO SÃO VICENTE	1354	745	763
ALTO DO CEMITÉRIO	50	42,3	295
RUA DO LIMÃO - BRÀS	567	561	568

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

Como pode-se notar, maior parte das amostras coletadas apresentaram níveis elevados de cloreto, o que mostra que a água dos referentes poços não está de acordo com a legislação vigente. A terceira coleta do poço do bairro Feliz Retiro e a primeira e a segunda coleta do poço do Alto do Cemitério, apresentam valores inferiores a 250 mg/L, o que mostra que nos períodos em que foram coletadas, as águas presentes nesses poços estavam potáveis, no que diz respeito a presença de cloretos. Este parâmetro representa um importante fator de potabilidade, visto que além de provocar sabor nas águas, pode causar corrosões em estruturas de metais e acarretar problemas de saúde urinário, de bexiga, entre outros.

4.1.2 Análises microbiológicas

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde o objetivo do exame microbiológico da água é fornecer subsídio a respeito da sua potabilidade, isto é, ausência de risco de ingestão de micro-organismos causadores de doenças, geralmente provenientes da contaminação pelas fezes humanas e outros animais de sangue quente (FUNASA, 2013).

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que seja verificada na água, para que esta possa ser consumida, a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*, para que a mesma seja considerável potável. Esta portaria estabelece a exceção de que em amostras individuais procedentes de sistemas alternativos de abastecimento, como poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada e tratada, será tolerada a presença de coliformes totais na ausência de *E. coli* (Coliformes Tolerantes). Contudo, será necessário investigar a origem da fonte de contaminação e tomar as medidas corretivas e preventivas necessárias.

Em todas as amostras de todas as coletas provenientes dos cinco poços foram detectadas a presença de Coliformes Totais, como mostra a Tabela 9, a seguir. Contudo, nem todas as amostras apresentaram a presença de Coliformes Tolerantes. Mediante a exceção citada no paragrafo a cima, que envolve sistemas alternativos de abastecimento, pode-se dizer que as três amostras coletas do poço do Alto do São Vicente não apresentaram *E. Coli* e que mesmo com a presença de Coliformes Totais, as águas analisadas podem ser consideradas potáveis nos períodos em que foram coletadas.

O mesmo ocorre com a segunda amostra coletada do poço do bairro Parque das Águas e com a primeira e a segunda amostra coletada do Alto do Cemitério.

Tabela 9 - Valores das análises dos parâmetros coliformes totais e termotolerantes das análises de amostras dos cinco poços localizados na cidade de Monteiro - PB.

Coliformes Totais			
POÇOS	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	PRESENÇA	PRESENÇA	PRESENÇA
PARQUE DAS ÁGUAS	PRESENÇA	PRESENÇA	PRESENÇA
ALTO SÃO VICENTE	PRESENÇA	PRESENÇA	PRESENÇA
ALTO DO CEMITÉRIO	PRESENÇA	PRESENÇA	PRESENÇA
RUA DO LIMÃO - BRÀS	PRESENÇA	PRESENÇA	PRESENÇA
Coliformes Termotolerantes (<i>Escherichia coli</i>)			
POÇOS	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta
FELIZ VETIRO	PRESENÇA	PRESENÇA	PRESENÇA
PARQUE DAS ÁGUAS	PRESENÇA	AUSÊNCIA	PRESENÇA
ALTO SÃO VICENTE	AUSÊNCIA	AUSÊNCIA	AUSÊNCIA
ALTO DO CEMITÉRIO	AUSÊNCIA	AUSÊNCIA	PRESENÇA
RUA DO LIMÃO - BRÀS	PRESENÇA	PRESENÇA	PRESENÇA

Fonte: construída com os dados da pesquisa.

A contaminação da água de forma microbiológica da água possui relação direta com a falta de manutenção e limpeza dos sistemas de captação e de armazenamento de água, o que pode está atrelado a poluição e a falta de saneamento básico. É imprescindível nos casos citados acima, em que água não estava potável para consumo humano, que sejam tomadas medidas para a desinfecção destes poços e o tratamento da água.

5 CONCLUSÃO

Mediante os resultados encontrados através das análises físico-químicas das águas pode-se relatar, que de acordo com a Portaria N° 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, com exceção do pH, maior parte das amostras de água não atenderam o padrão de potabilidade exigido para os parâmetros de dureza e cloretos. Assim como não atenderam os níveis de CE e alcalinidade compatíveis com os de água de boa qualidade.

Os poços localizados nos bairros do Alto São Vicente e do Alto do Cemitério apresentaram os maiores índices de CE. Os poços localizados nos bairros do Alto São Vicente e Parque das Águas apresentaram os maiores índices de dureza. Os poços localizados nos bairros do Alto São Vicente e Bairro do Brás (Rua do Limão) apresentaram os maiores índices de alcalinidade. O poço localizado no Alto São Vicente apresentou o maior índice de cloreto. Essas diferenças podem estar associadas ao fato de que, no Alto do Cemitério não existe uma rede de esgotos e a coleta de lixo só é realizada em parte das ruas. Na rua do Limão, há uma rede de esgotos, porém a coleta de lixo só é feita em parte da rua, o que pode gerar acúmulo de lixo e com isso a poluição dos solos e conseqüentemente das águas subterrâneas. Os bairros do Alto São Vicente e do Parque das Águas possuem saneamento básico, porém algum fator pode estar interferindo na potabilidade da água dos poços, o que exige um estudo mais aprofundado, a fim de se encontrar as possíveis causas.

No que tange as análises microbiológicas, os poços que apresentaram uma maior interferência de Coliformes Termotolerantes foram os que estão localizados nos bairros do Feliz Retiro e do Brás – Rua do Limão. Conclui-se assim, que as águas dos cinco poços não estavam potáveis para consumo humano e que apresentam índices elevados que ultrapassam os limites de padrão de potabilidade, o que pode estar diretamente associado, em alguns bairros, a falta de saneamento básico adequado e que pode gerar uma série de problemas de saúde para as populações que utilizam desta água para consumo e fins diversos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se a realização de saneamento básico adequado, que inclua uma eficaz rede de esgotos e uma devida coleta de lixo em meio a todos os barros, com ênfase aos que ainda estão desprovidos de um completo saneamento, por parte dos órgãos competentes.

Por conta da alta presença de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*), propõe-se uma investigação mais profunda no que tange a contaminação microbiológica da água disponibilizada dos poços em estudo.

Sugere-se também, que a Secretaria Municipal de Vigilância e Saúde responsável pelo município de Monteiro, adote procedimentos de fiscalização de forma efetiva com relação ao saneamento básico e a qualidade da água que esta consumida pela comunidade, com ênfase àqueles que vivem nos bairros mais carentes. Ainda por parte da Secretaria Municipal de Vigilância e Saúde, seriam essenciais iniciativas de implantação de ações educativas com o objetivo de esclarecer a população sobre a importância do consumo de água de qualidade e os riscos de saúde que o consumo de água contaminada pode trazer.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ABRACAL. **Sem calcário, adubo chega a render somente 27%**. 2017. Disponível em: <<http://www.abracal.com.br/noticia/75/sem-calcario-adubo-chega-a-render-somente-27.html>>. Acesso em 26 de julho de 2018.

ARAÚJO, E. F. **Qualidade da água utilizada para o consumo em escolas públicas municipais de Monteiro - PB**. Sumé: UFCG, 2016.

BASTOS, M. L. **Caracterização da qualidade da água subterrânea – estudo de caso no município de Cruz das Almas**, 2013. – BAHIA. Disponível em: <http://www.repositoriodigital.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/855/1/TCC-Mariana-Vers%C3%A3o17102013-Revisado%20imprimir.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2018.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Legislação para águas de consumo humano. Ministério da Saúde**. Brasília, 2004. Seção 1.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 11 de julho de 2017.

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas-Orientação aos Usuários**. Rio de Janeiro: SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2001. Disponível em: <www.agrolink.com.br>. Acesso em 22 de abril de 2018.

COSTA, C.L.; LIMA, R. F.; PAIXAO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil**. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/viewFile/10469/12164>>. Acesso em 03 de julho de 2018.

COSTA, M.J.S.; Fonsêca, J.A.C. **Avaliação da dureza de águas, proveniente de poços tubulares da cidade de São João do Rio do Reixe – PB, para uso como fonte alternativa**. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/sinequi/2016/trabalhos/105/8662-22185.html>>. Acesso em 11 de julho de 2018.

FAGUNDES, J. P. R.; ANDRADE, A. L. A. **POÇOS ARTESIANOS: uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade**. Disponível em:

<www.unipacto.com.br/revista2/arquivos_pdf_revista/revista2015/18.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2018.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, J. A. O. **ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CRISTALINO DA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA**. II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. 2011.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GURGEL, C. S. **O Direito das Águas na perspectiva do Nordeste semiárido**. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/22290/o-direito-das-aguas-na-perspectiva-do-nordeste-semi-arido>>. Acesso em 30 de junho de 2018.

LEME, E. J. A. **Manual prático de tratamento de águas residuais**. São Carlos: EDUFSCar, 2014.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. São Paulo: Editora Átomo, 2010.

MEDEIROS, J. F. **Controle da alcalinidade do solo e otimização do uso da adubação fosfatada no cultivo do meloeiro**. Rio Grande do Norte: UFERSA, 2013. Disponível em: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/266/Projeto%20de%20Tese%202013%20corrigido%20Samuel.pdf>> Acesso em 26 de julho de 2018.

MIRANDA, L. A. S. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre: (S. n.), 2007.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **TRATAMENTO DE ÁGUA: Tecnologia Atualizada**. São Paulo: Bucher, 2011.

SANTOS, P. S. **Condutividade versus Salinidade**. Disponível em: <<https://www.trabalhosgratuitos.com/Exatas/Quimica/Condutividade-versus-salinidade-1275516.html>>. Acesso em 02 de julho de 2018.

SAÚDE, Fundação Nacional. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília: FUNASA, 2013.

SILVA, R. A.; ILHO, E. D. S.; SILVA, J. C.; BRAZ, A. S.; GONZAGA, F. A. S. **Caracterização físico-química das águas dos poços tubulares localizados nas cidades de Cuité e Areial no semiárido paraibano**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2015. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/gerenciador/painel/trabalhosversaofinal/SHO15.pdf>>. Acesso em 26 de julho de 2018.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. São Paulo: Revista Ciência & Saúde Coletiva, 2003.

SOUZA, R. S.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil**. Fortaleza: REDE, 2014. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217>>. Acesso em 28 de março de 2018.

SOUSA, T. G. S. **Água Potável Garantia de Qualidade Vida**. Piauí: GT 15 Educação Ambiental, UFPI, 2002. Disponível em:

<http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/eventos/evento2002/GT.15/GT15_3_2002.pdf>. Acesso em 30 de março de 2018.

OLIVEIRA, L. B. **Uso e manejo da água na região semiárida do nordeste do Brasil.** Disponível em: <[file:///C:/Users/krisl/Downloads/1095-3171-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/krisl/Downloads/1095-3171-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em 30 de junho de 2018.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesianos do Município de Santa Catarina do Sul.** Lajeado: Univates, 2010. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/458/3/DiegoPaludo.pdf>>. Acesso em 22 de abril de 2018.

PEREIRA, S. F. P.; COSTA, A.C.; CARDOSO, E. S. C.; CORRÊA, M. S. S.; ALVES, T. V.; MIRANDA, R. G.; OLIVEIRA, G. R. F. **Condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-Pará.** REA – Revista de estudos ambientais (Online) v.12, n. 1. 2010.

PINTO, M. C. F. **Manual medição in loco.** Site da CPRM, 2007. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T %20pH OD.pdf](http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T%20pH_OD.pdf)>. Acesso em: 30 de agosto de 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** Rio Grande do Sul: Feevale, 2013.